

Kolbalans

En mätare för markens bördighet och naturbrukets klimatpåverkan

Paul Riesinger, Skuffis/YH Novia

Tulevaisuuden maanviljelijät

Utbildningsmaterial

© Yrkehögskolan Novia, Paul Riesinger

Publikation och produktion, serie L: Läromedel 2/2022

ISBN 978-952-7048-93-1(Online)

ISSN: ISSN 1799-4195

CC BY 4.0

Detta läromedel föreligger i form av en PowerPoint-presentation

Användningen förutsätter sakkunskap, som kan skaffas bl.a. genom att ta del av den anvisade bakgrundslitteraturen.

Introduktion

Lantbruket = producerar mat

Föreningen Matinformation rf 2022
Eikelboom 2013

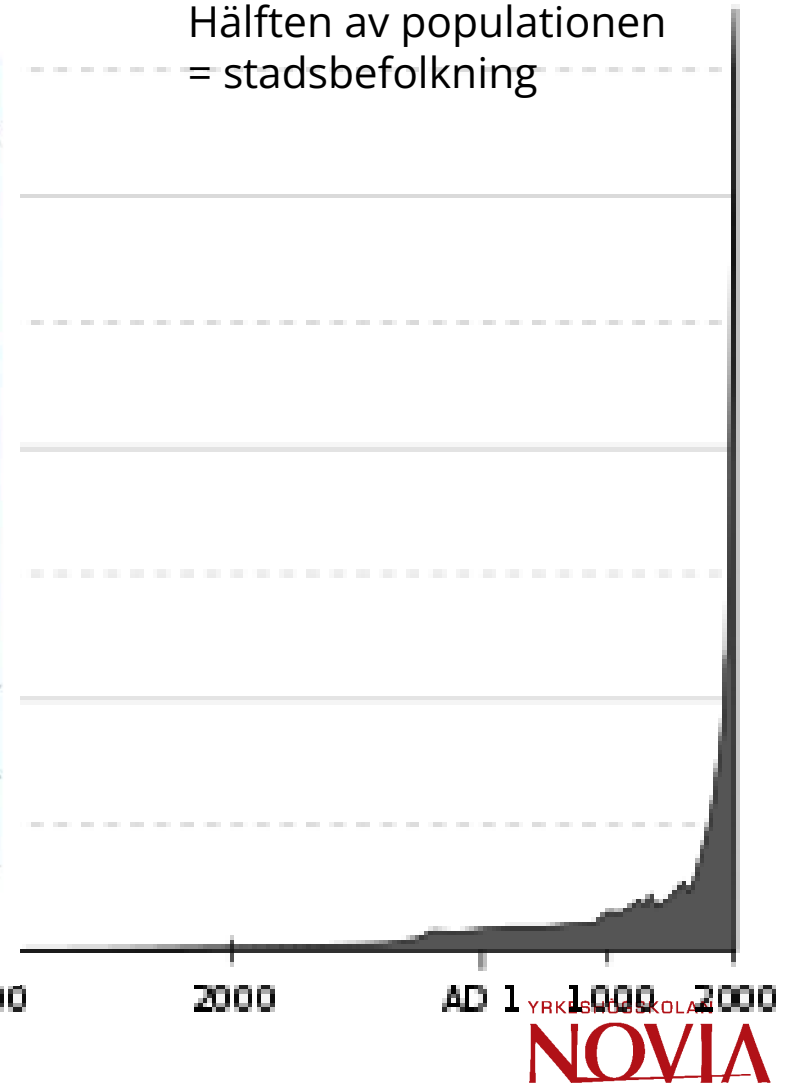
ARBETSKRAFT

	2010	2020	2021	2021
	%	%	%	1 000 personer
Sysselsatta enligt näringsgren				
Jordbruk, skogsbruk, fiske och utvinning av mineral	5	4	4	107
Jordbruk	3	3	3	76
Skogsbruk	1	1	1	25
Tillverkning ¹⁾	16	14	14	351
Livsmedels- och dryckesindustrin	1	1	2	39
Byggverksamhet	7	8	7	189
Handel ²⁾	12	11	11	291
Transport och magasinering	6	6	5	135
Hotell- och restaurangverksamhet	4	3	3	86
Informations- och kommunikationsverksamhet	4	5	5	126
Utbildning	7	7	7	181
Social- och hälsovårdstjänster	15	16	16	410
Övriga servicetjänster och branscher	23	26	26	663
Näringsgren okänd	0,5	0,3	1	16
Sysselsatta totalt				
%	100	100	100	
1 000 personer	2 411	2 495	2 555	2 555
Arbetskraft totalt				
1 000 personer	2 637	2 704	2 766	2 766
av dem arbetslösa, %	8,6	7,7	7,7	7,7

Källa: Statistikcentralen / Arbetskraftsundersökningen (Näringsgrensin- delning TOL 2008)

¹⁾ Inkluderar försörjning av el, gas, värme, vatten och avloppsrening.
²⁾ Inkluderar reparation av motorfordon och motorcyklar.

Hälften av populationen
= stadsbefolkning



**= regenererar
sina resurser**

Farmers of Forty Centuries

or Permanent Agriculture in
China, Korea and Japan



F.H. King

King 1911

= förvaltar

- genetisk diversitet
- odlingslandskap



= samt räddar klimatet?

Mull = kolsänka

$$C * 3,67 = CO_2$$



I Markens mullhalt



- odlingsväxternas avkastning
- markens bördighet
- markorganismernas diversitet
- atmosfärens CO_2 , CH_4 och N_2O

Mull = bördighet

Mull ökar markens produktionspotential

Mull stabiliserar markens struktur, ökar dess kapacitet att lagra vatten, binder näringsämnen i växttillgänglig form och buffrar mot pH-förändringar. Av betydelse är också mullets positiva effekter på växthälsa. Mull består till hälften av kol. I jordlosets mikroskopiskt binds mer kol än sammanlagt i det gröna växttäck och i atmosfären. En anrikning av koldioxid i form av mull motverkar klimatförändringen.

Den i marken befintliga organiska substansen omfattar ett flertal fraktioner. Växtrötter och organiska gödselmedel bryts ner av markorganismer. I anslutning till nedbrytningen används en del av den organiska substansen till mer eller mindre stabila mullföreningar, med varaktigheter på mellan 5 och 500 år. Upp till fem procent av den totala organiska substansen utgörs av markorganismer: vid en mullhalt på fem procent byter en hektar åkerjord således omkring sex ton "jordbrukare".

Markens porositet utgår från texturporer

I en mineraljord utgörs omkring hälften av markens volym av porer. Växtrötternas försedjning med syre, vatten och näringsämnen fungerar bäst då två tredjedelar av denna porositet är fyllda med vatten, medan en tredjedel deltar i den luftväxning som krävs för att rötternas ska få tillgång till syre och kunna avge koldioxid.

De större håligheterna dräneras då sjuvattent följer tyngdkraften neråt, medan mindre porer binder vattnet så kraftigt att det hålls kvar. Omkring hälften av detta "bundna" vatten utgör växternas vattenförråd, den andra hälften binds så kraftigt att vattnet inte blir tillgängligt för växterna.

De enskilda porernas storlek avspeglar ämningens delvis markpartiklarnas diameter: ju större markpartiklar, desto större är porerna mellan partiklarna. Porer vars storlek betingas av mineralornens storlek kallas för texturporer.

Mineralornens storlek minskar i ordningen sand, mo, mjåla- och lermineral. På motsvarande sätt minskar porernas diameter från en halv millimeter i sandjordar till under en mikrometer (en tusendels millimeter) i lerjordar. Mellan mo- och sandpartiklar dräneras och ger således



Intresset för markens egenskaper och funktioner är utgångspunkten för en framgångsrik växtodning.

Korrelationerna mellan mullhalten, mängden markorganismer, kolhalten och kvävehalten

En mullhalt på fem procent betyder (per hektar åker, markens volymväkt 1400 kg/km³)
= 175 ton mull
= 3-9 ton markorganismer

Dessa värden gäller för ett matjordslager på 25 cm. Älven innehåller mångomåsigt lika mycket mull som matjorden.

mineralpartiklar till större aggregat. "Mullbruket" utgörs bland annat av elektriska laddningar, oxider och hydroxider av aluminium och järn, bakteriernas utöndring av stäm samt dagmaskarnas ekskrement. Svamparnas mycel utgör armeringsnätet och dagmaskarnas håligheter fungerar som dränering. Aggregeringen av markpartiklar ger upphov till håligheter vars storlek överskrider strukturporernas volym. Den resulterande porifikationen benämns med begreppet biopor.

Biopor skapas av organiska ämnen och gerom markorganismernas verksamhet. För att denna "levande" aggregering ska upprätthållas behövs en kontinuerlig utfodring av markorganismerna med växtrötter och/eller organiska gödselmedel.

Sand- och mopartiklar saknar sammanhållning och jordar vars textur i huvudsak består av mineralorn i dessa storleksklasser karakteriseras därför med begreppet enkelkorpor.

På lertfärgiga jordar kan struktur bara skapas genom tana och djupgående rossystem, en hög aktivitet av markorganismerna och en anrikning med mull.

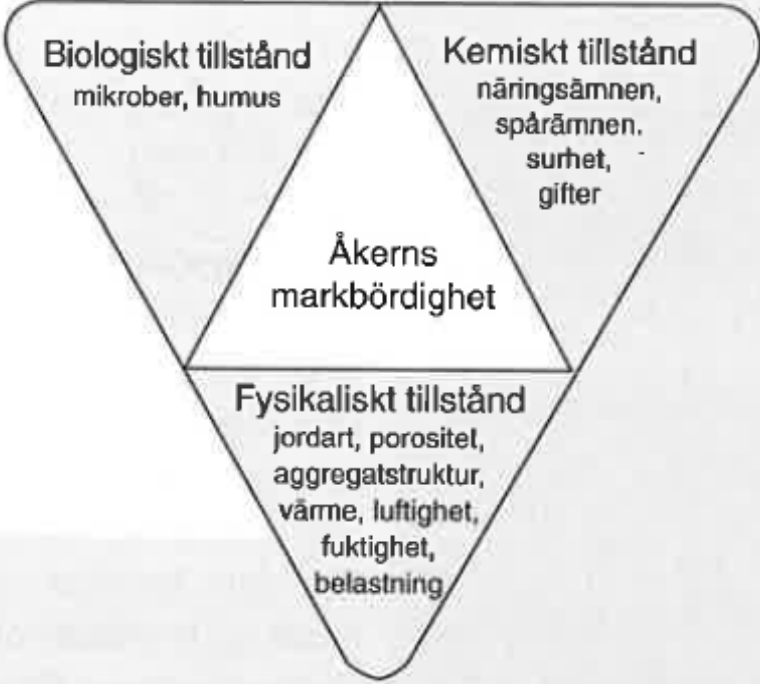
Mull ökar odlings säkerheten

Lermineralernas och mullets positiva effekter på markstrukturen märks i form av "bra bruk" och rotvåglighet. In högre mullhalt resulterar i en snabbare infiltration av vatten och bättre luftväxning. Samtidigt förbättras godarna tillgänglig till vatten; in förhöjning av mullhalten ökar mängden växttillgängligt vatten med 10 procent. Med en högre mullhalt minskar också risken för förhårdnande skorpbildning, ytvattenavrinning och erosion.

Porerna mellan mineral och mjåla- och lerpartiklar är också känsliga för markpackning och en hög lerhalt binder därför helst mullhalten av en hög mullhalt.

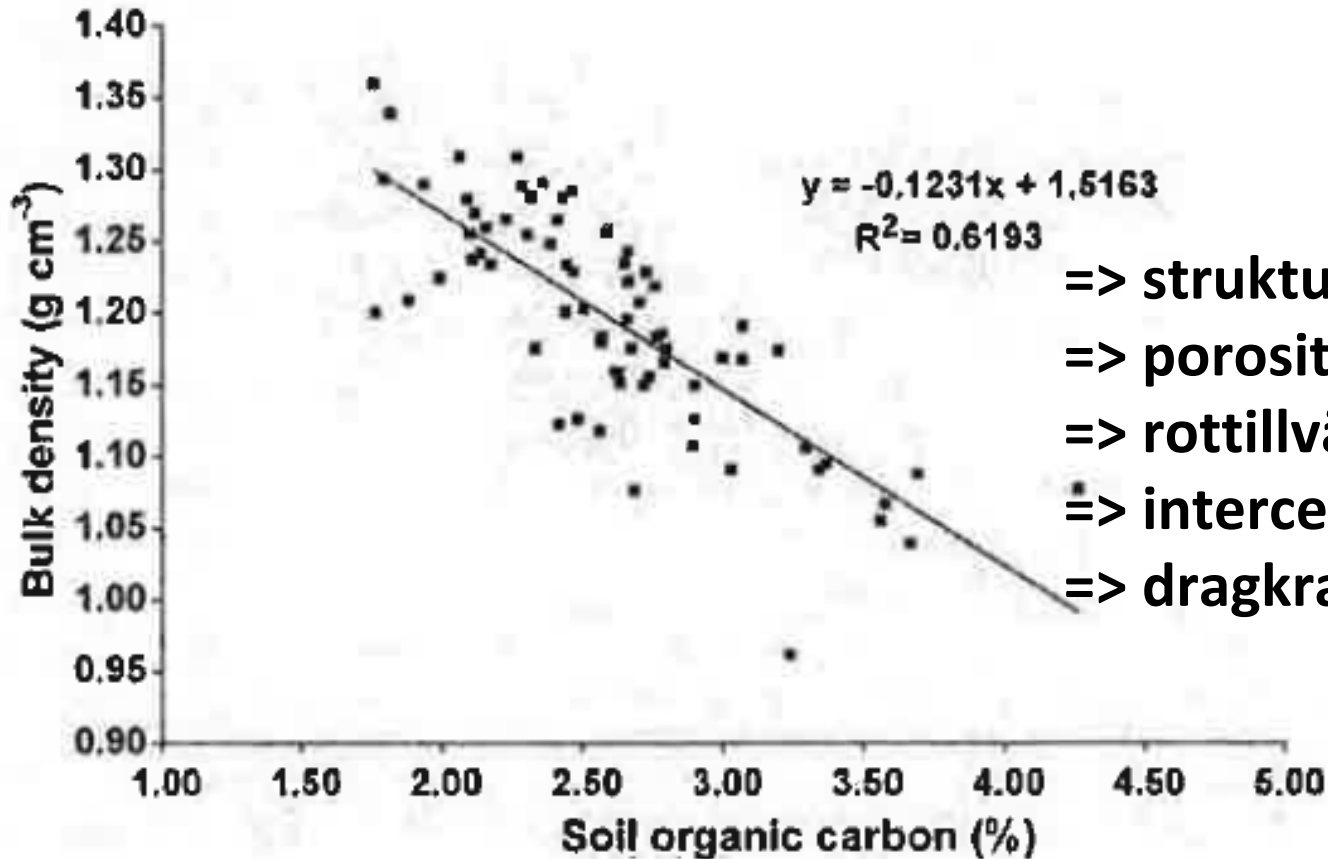
Mull bidrar till biopor

Lerpartiklar, mull, markorganismer och växtrötter sammanbinder



Markbördigheten är summan av tre faktorer: markens biologiska, kemiska och fysikaliska tillstånd. Ingen av dessa tre faktorer kan ersätta varandra.

Mull = aggregering



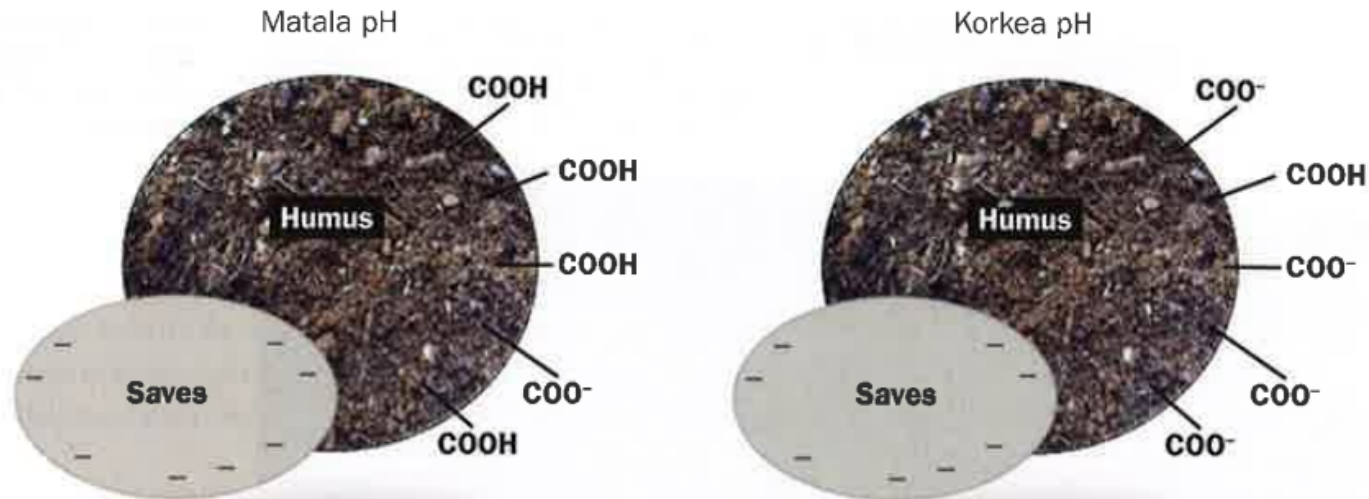
- => struktur
- => porositet
- => rottillväxt
- => interception (P, Mn...)
- => dragkraftsbehov

Fig. 1. Relationship between the soil organic carbon content and bulk density in the 0–25 cm depth at the Offer site sampled in 2008 (calculated using the values obtained for each of the four rotations, the six phases and the three sampling position within each plot; $N=72$).

Mull = vattenbindning och dränerbarhet

Varje mull-%
= 1-2 mm växttillgängligt vatten,
per dm-skikt
(ler-mo)

Mull = N(SP), CEC



Maan pH vaikuttaa erityisesti humuksen pinnan negatiivisen varauksen määrään ja siten kykyyn pidättää kationimuotoisia ravinteita. Kun maan pH:ta nostetaan, humuksen kemiallisesti aktiivisista ryhmistä (mm. COOH eli karboksyyli-ryhmät) vapautuu maaveteen vetyioneja (H^+). Niiden jättämille paikoille syntyy negatiivisia varauksia eli kationinvalhtopaikkoja, joihin kationit voivat sitoutua. Maan happamoitessa vetyioneja pidättyy maavedestä humukseen, jolloin menetetään negatiivista varausta eli ravinnekationien pidättymispaikkoja. Humuksen kyky pidättää ravinnekationeja on siis suurempi korkeassa kuin matalassa pH:ssa, ja näin ollen kalkituksella voidaan parantaa maan kykyä varastoida ravinteita maahiukkasten pinnoille kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Kivennäisaineksen negatiivinen pintavaraus on sen sijaan pysyvää eikä maan happamuus vaikuta siihen.

= högre och stabilare skördenivåer

2 % högre skörd
för varje 0,1 %-enhets ökning
i mullhalt
om < 4 %



2. Optimal mullhalt?

Lerhalt/mullhalt
bör vara < 5-10

Soinne m.fl. 2016
Soinne m.fl. 2021

3. Bestämning av mullhalten

Organoleptisk eller analytisk bestämning?
Antal delprov?

II Mullbildning vs. mullhaltsminskning

1. Humus = mörkfärgad organisk substans (i jord)

Humus = 58 % C

50 % i matjord, 50 % i alv

Fraktioner

- Stabilt organiskt material (humus) (85 %)
- Org. material under nedbrytning (10 %)
 - Döda organismer (mikrober, växtrester)
 - Organiska gödselmedel
- Mikroorganismer och markdjur (5 %)

Rötter

2. Humusbildning

<= Ovanjordiska
växtrester

<= Rötter

<= Rotavsöndringar

<= Mikrober

Mineralalytor + porer



Mull bildas kring och av rötterna



Allokering av assimilerad C

Vall

50 % ovanjordisk
+ 50 % under
markytan

varav

25 % rotbiomassa
+ 25 % döda rotceller
och utsöndringar

Ettåriga växter

80 % ovanjordisk
+ 20 % under
markytan

varav

25 % rotbiomassa
+ 25 % döda rotceller
och utsöndringar

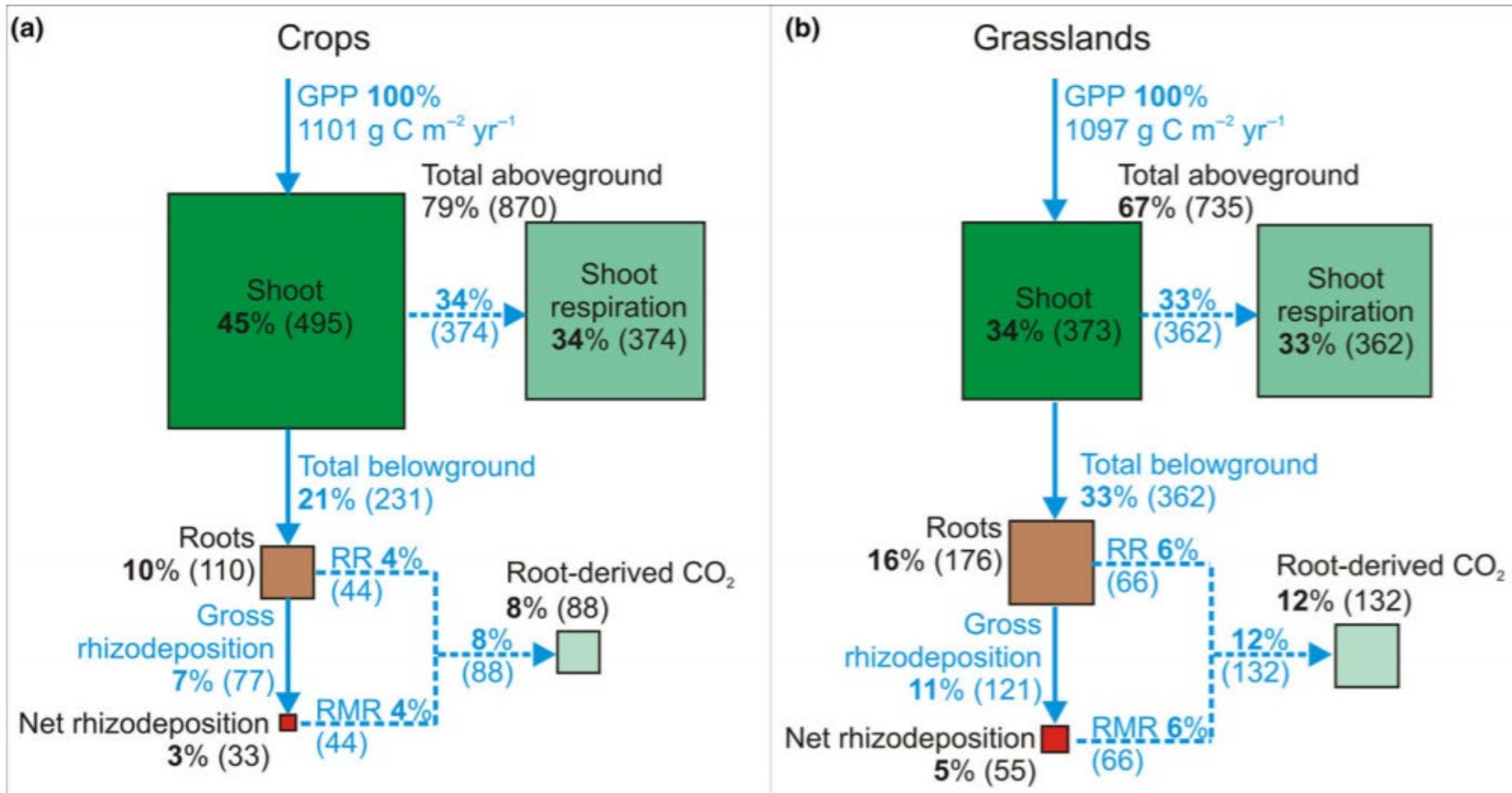


FIGURE 9 Overview and examples of C allocation patterns for crops and grassland species. Percentage values (generalization) shown were calculated as averages of all collected data (>1 day after labeling) according to Figures 3 and 4. For crops, 20 studies including 99 data sets, and for grassland species, 16 studies with 128 data sets were used. Based on gross primary production (GPP), absolute values of C partitioning (examples) for crops and grasslands are shown in parentheses (g C m⁻² year⁻¹). The GPP data for crops were taken from Falge, Baldocchi et al. (2002) and for grasslands from Riederer et al. (2015)

Rötter och mikrober = nyckelfaktorer



Type of organic fertilizer rather than organic amendment per se increases abundance of soil biota

Maria Viketoft^{1,*}, Laura G.A. Riggi^{1,*}, Riccardo Bommarco¹, Sara Hallin² and Astrid R. Taylor¹

2021

¹Department of Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden

²Department of Forest Mycology and Plant Pathology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden

*These authors contributed equally to this work.

Årlig tillförsel!

ABSTRACT

Addition of organic amendments is a commonly used practice to offset potential loss of soil organic matter from agricultural soils. The aim of the present study was to examine how long-term addition of organic matter affects the abundance of different soil biota across trophic levels and the role that the quality of the organic amendments plays. Here we used a 17-year-old fertilization experiment to investigate soil biota responses to four different organic fertilizers, compared with two mineral nitrogen fertilizers and no fertilization, where the organic fertilizers had similar carbon content but varied in their carbon to nitrogen ratios. We collected soil samples and measured a wide range of organisms belonging to different functional groups and trophic levels of the soil food web. Long-term addition of organic and mineral fertilizers had beneficial effects on the abundances of most soil organisms compared with unfertilized soil, but the responses differed between soil biota. The organic fertilizers generally enhanced bacteria and earthworms. Fungi and nematodes responded positively to certain mineral and organic fertilizers, indicating that multiple factors influenced by the fertilization may affect these heterogeneous groups. Springtails and mites were less affected by fertilization than the other groups, as they were present at relatively high abundances even in the unfertilized treatment. However, soil pH had a great influence on springtail abundance. In summary, the specific fertilizer was more important in determining the numerical and compositional responses of soil biota than whether it was mineral or organic. Overall, biennial organic amendments emerge as insufficient, by themselves, to promote soil organisms in the long run, and would need to be added annually or combined with other practices affecting soil quality, such as no or reduced tillage and other crop rotations, to have a beneficial effect.

3. Kolbalansen är (i praktiken) negativ

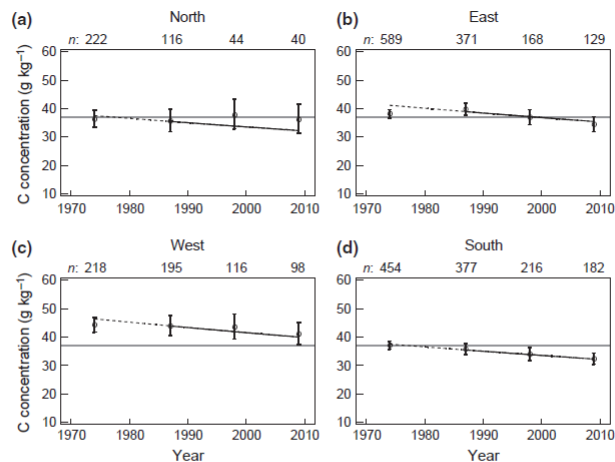


Fig. 3 Development of C concentration in mineral soils in the north (a), east (b), west (c) and south (d). Estimated mean C concentrations with 95% confidence intervals (CI) for the means and modeled trends over years. Wider CI indicates lesser precision (reliability), and narrower CI indicates greater precision in the estimated means. The trend models were based on the data of the years 1987, 1998, and 2009 (dry combustion method, solid line) and were used to "predict" the means of the year 1974 (wet oxidation method, broken line). The number of sampling plots in each region-by-year combination is denoted by n. The horizontal reference lines denote the overall mean 37 g kg⁻¹ of the years 1987–2009.

Provtagningsfält FIN
1974-2009:

Minskning av C i
organogena jordar
minus 0,2-0,3 %/år

mineraljordar

minus 0,4 %/år

4. Varför minskar mullhalten?

Was the Dust Bowl a Sign of God's Judgment on America? A Pentecostal Leader Responds to this Question.



This Week in AG History — August 25, 1934

3KOLAN
VIA
Edgerly Oberg 2017

Mineralisering av mull-C

- Vid en mullhalt på 10 % förloras 875-1750 kg mull-kol/ha*år
- Vid en mullhalt på 5 % förloras 437,5-875 kg mull-kol/ha*år

Bortförrel av livsmedel-C 6 ton höstvetekärna = 2,7 ton C

8

LANDSBYGDENS FOLK

Fredagen den 21 september 2001

Hur få avloppsslammet tillbaka till jordbruket?

Det är en nationalekonomisk skandal att bara tippa reningsverkens avloppsslam på soptippar. Dessutom utgör systemet en stor miljörisk. Ytterligare är fosfor ett grundämne som enligt bedömare snart blir en bristvara i världen. En som gått in för att själv återföra slammet till kretsloppet via jordbruket är Per-Erik Røjdahl i Solf, Korsholm.

Røjdahl har uppvakat både miljökommissionär Margot Wahlström och miljöminister Satu Hassi. Den senare via ett riksdagsfrågesvar av riksdagsman Nils-Anders Granvik. Ännu har dock inte ansträngningarna lett till konkreta resultat. Men Røjdahl ger sig inte.



Per-Erik Røjdahl är bitter på miljöcentralen som stoppat hans projekt för återanvändning av avloppsslam. Miljöcentralen medverkar paradoxalt nog därigenom till att vattendragens förorenas och att värdefulla grundämnena och naturtillgångar förstörs, anser han.

Fosfor värre än tungmetaller

■ Det är fullt möjligt att avskilja tungmetaller från reningsverkens rötslam, men det är en mycket kostsam process. Veterligen finns det bara två anläggningar i Norden som klarar av det. Men det är inte bara tungmetallerna som ger problem. Fosfor är nästan ett ännu större problem, i synnerhet för jordbrukarna.

Det här uppger projektledare Juhani Puolanne vid Finlands miljöcentral.

– Avloppsslammet innehåller så pass mycket fosfor att fosforgränserna för jordbrukets miljöstöd kommer emot. Spridningsytorna räcker helt enkelt inte till.

Begränsad tillgång på fosfater

Tvättpulvret innehåller numera mindre fosfor än tidigare, men ändå är det för mycket fosfor i kloakvattnet.

Tillgången på fosfater i världen är dessutom begränsad, vilket också, förutom miljöskadorna motiverar att

Kretsloppet sluts sällan

YRKESHÖGSKOLAN
NOVIA

Bara en del av kvarlämnat C humifieras

Exempel höstvetete 6 ton/ha kärnskörd

Växtrester ovan jord = $3832 * 0,12 = 460$ kg C

Rötter $1089 * 0,35 = 381$ kg C

Rotavsöndringar $1089 * 0,35 = 381$ kg C

Totalt = 1222 kg C/ha

FIN: Hög utgångsmullhalt vs. låg biomassaproduktion

- Kort växtsäsong
- Ettåriga vårsådda grödor
- Försommartorka
- Nedläggning av mjölk- och nötköttsproduktionen flerårig vall, organisk gödsel

III Mullbevarande åtgärder



Thaer 1809



Kort och gott

Växtplats

- Klimat
- Bördighet

*Gröda

- Kapacitet för fotosyntes (produktivitet)
- Humifieringskvot (=> rotbiomassa)
- Odlingsteknik (etablering, växtnäring, skydd)

*Växttäcke året om

*Recirkulering av OM

1. Flerårig vall vs. mellangröda vs. ettårig vårsådd gröda

Åtgärd	Kolinlagring (kg kol/ha och år)
Flerårig vall	+500
Fast stallgödsel, reningsverksslam	+400
Fånggrödor	+300
Kvävegödsling	+200
Skörderester	+100
Flytgödsel, rötrest	+100
Direktsådd	+0-100
Ettårig vårsådd gröda	-200

Bolinder m.fl. 2020, Henryson m.fl. 2018, Kätterer m.fl. 2011, Kätterer m.fl. 2013, Taghizadeh-Toosi m.fl. 2014, VandenBygaart m.fl. 2010.

2. Humifieringskvot: skott vs. rötter

Organiskt material	Andel kol som omvandlas till mull, %
Gröngödsel = ovanjordiska skörderester	12
Halm	15
Stallgödsel	27
Rötter	35
Rötslam	41

Odlingsgrödornas potentiella rotdjup

Växtart	Potentiellt rotdjup (m)
Potatis	0,5
Ärt, lin	0,5-1
Vårsäd, våroljeväxter, rajgräs, rödklöver	1
Höstsäd, oljerättika, senap	1,5-2
Sockerbeta	2
Höstraps, lusern	2,5

Gan m.fl. 2009

Thorup-Kristensen m.fl. 2009



Lusern Juurlu,
Landboas september 2022

Odlingssäkerheten ligger i alven!

Rotvänlighet!

<= Luftväxling

<= Porositet

<= pH

=> Växtnäring

=> Vatten

=> Kolinlagring



3. Odlingsteknik för maximal fotosyntes



=



=



4. Växttäcke året om



5. Recirkulering av OM Integrerad djurhållning!

INSÄNDARE

HBL/Debatt_PB 217, 00101 Helsingfors

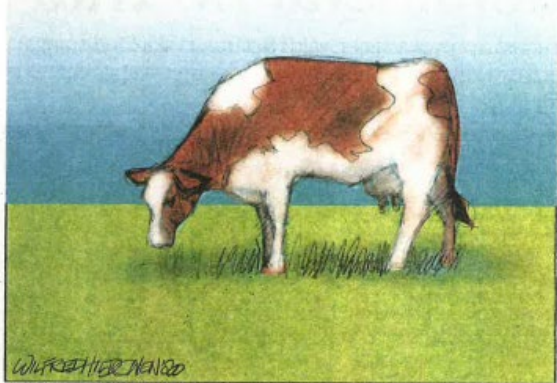
Bevara djurhållningen – i hela Finland

DJURHÅLLNING Förtäring-
en av animaliskt protein har
i avgörande grad bidragit till
hjärnans tillväxt och utveck-
lingens av människan till den
nuvarande formen, *homo
sapiens*. Ända sedan mjölk-
kon avlades fram i Asien för
10 000 år sedan har den varit
människans följeslagare.
En omfattande migration av
jordbrukare från Orienten
förde under de följande år-
tusendena odling av brödsäd
och skötsel av kor och grisar
till Europa.

Invandrarna stötte på en
ursprungsbefolkning som hade
en anlänt från Asien 50 000 år
tidigare och som sedan dess
hade levt som jägare och sam-
lare. Bedan för 7 000 år sedan
dominerades hela Central-
europa av den nya jordbrukskul-
turen. Husdjuren har sedan
dess varit avgörande för eu-
ropeernas välmående, i syn-
nerhet i områden där växte-
rioden är kort.

Inför EU:s revidering av
landsbygdsprogrammen har
röster höjts med förslag om
att besöka den åkermark
som inte producerar tillräck-
ligt bra. Hur skulle detta på-
verka de enskilda ländernas
försörjning med livsmedel
och sysselsättningen i de be-
rörda regionerna? Tio pro-
cent av Finlands yta utgörs av
sjöar och vattendrag, 68 pro-
cent är täckt av skog och end-
ast åtta procent brukas som
åker. Omkring 80 procent av
åkerarealen används för pro-
duktionen av foder.

Ett öppet landskap ökar
växtrikets och djurrikets
mångfald, och därmed den
genetiska diversitet som är
en förutsättning för organis-
mernas anpassning till förän-
derliga livsmiljöer. Nötkreatur,
får, getter och hästar kan
utnyttjas väl för sitt ener-
gi- och proteinbehov. Flerårig
vall förbättrar markstruktu-
ren och anrikar stora mäng-
der av växthusgaserna koldiox-



id i form av mull. Naturens
mångfald påverkas positivt av
betesdrift, och i synnerhet av
permanent betesmark.

Södra Finland (regioner-
na Nyland, **Egentliga Fin-
land**, Åland, **Sydöstra Fin-
land**, Tavastland, Birkaland
och Satakunta; enligt NTM-
centralernas klassifikation)
bjuder på relativt gynn-
samma förutsättningar för växt-
odling. Här odlas främst ettårig
våxtslags som vår- och höst-
sädsspannmålsgrödor, olje-
växter, årt, bonböna och spe-
cialgrödor. 51 procent av den
finländska odlingsmarken
ligger i mellersta och norra
Finland. Där bedrivs 76 pro-
cent av mjölk- och 77 procent
av nötköttsproduktionen; 55
procent av arealen odlas med
vall, resten odlas främst med
fodersid, det vill säga korn
och havre (data för 2019).

Ur nationalekonomisk syn-
vinkel ter det sig fördelakt-
tigt att styra i synnerhet den
grovfoderbaserade mjölk-
och köttproduktionen till meller-
sta och norra Finland, där vall

odlas med framgång, men där
spannmål, oljeväxter och trind-
säd ger en lägre skörd än i söd-
ra Finland. Den i södra Finland
odlade fodersäden förs delvis
norrut för att användas i den
befintliga djurhållningen. En
sådan åtskillning av växtodling
och djurhållning må på kort
sikt vara lönsam, men den är
förödande ur ett markbördig-
hets- och resurshushållnings-
perspektiv.

På de kreaturlösa gårdarna
i södra Finland bidrar
avsaknaden av flerårig vall
och organisk gödsel till ökad
markpackning och minskan-
de multhalt. I de djur-
ta områdena i mellersta och
norra Finland tillförs åkrarna
alla för stora mängder stall-
gödsel. Omkring 80 procent
av fodrets växtnäringssinne-
håll utsöndras med träck och
urin. Då en del av fodersäden
och kraftfodret hämtas från
södra Finland, eller utom-
lands ifrån, är en anrikning
av näringsämnen i busdjur-
stata regioner ofrånkomlig.

En sådan anrikning leder till

växtnäringstjänsten i form av
erosion och utlakning.

Starka band mellan växtod-
ling och djurhållning, på sam-
ma gård, eller mellan närbe-
lägna gårdar medger en större
mängd av odlingsväxter,
med bättre växthälsa som följd.
Växtnäringstjänsten för-
bättras och förlusterna av växt-
näring till den omgivande mil-
jön minskar. Stallgödsel ut-
nyttjas optimalt för inlagring
av kol i form av mull. En
lämplig kombination av stall-
gödsel och mineralgödsel för-
bättrar grödornas tillväxt och
därmed deras bindning av kol-
dioxid från luften.

Finländarna har orsakat ett
slå vakt om ett hållbart jord-
bruk där djurhållning inte-
greras med växtodling, på natio-
nell och på regional nivå.

PAUL RIESINGER
lektor i växtodling
Vilshögskolan Novia

RUNE FORSMAN
agrar
Osterbottens NTM-central

14

Landsbyggens Folk

FRIDAG 15 JANUARI 2021

Integrera växtodling och djurhållning!

En integrering av växtodling och
djurhållning, på samma gård,
eller mellan närbelägna gårdar
medger en större mängd av
odlingsväxter, med bättre växt-
hälsa som följd.

Stallgödsel tillför mullobildande
material och gagnar markorganis-
merna. En komplettering med mini-
ralgödsel optimerar utnyttjandet av
stallgödselns växtnäringssinne-
håll. Ökad markbörighet gör bättre till-
växt, d.v.s. en mera omfattande bind-
ning av koldioxid från luften. Ökad
fotosyntes betyder i sin tur en ökad
skörd av livsmedel, men också ett
ökat tillskott av skörderester, stubb
och rötter till markens multhalt.

Hur ser en integrering av växtod-
ling och djurhållning ut i praktiken?
Hur ser en växtföjd ut om gårdens
mjölk- och nötköttsproduktion fallt
ut baseras på eget foder? Vi besvarar
frågan genom att beskriva en gård,
där växtodling och djurhållning är
integrerade med varandra. Motva-
rande modeller kan göras upp på re-
gional eller nationell nivå.

Vår modellgård ska medge en hög
kolbindning. Vi väljer därför en in-
rättning på mjölk- och nötköttspro-
duktion där kol framförallt binds av
foderväxterna, och där kol recirkuleras
till åkrarna i form av stallgödsel.
Modellgårdens växtodling ska för-
se djuren med foder (vall, fodersid,
trindsäd, oljeväxtskal), och dess-
utom producera 1700- eller 2000 kg
och 1000 kg höstvetes, Ansluten av
vår modellgård omfattar 80 hektar
åkermark. Vi tillämpar en åttioårig
växtföjd och varje växtföjds omf-
fattar därför 10 hektar (se tabell 1).

Växtföjden är A och O
De i växtföjden ingående grödorna
ska maximeras den tid så marken lig-
ger under ett växtäck på så sätt
och kolbindningen, samtidigt som
växtnäringstjänstens minskar.
Odlingen av djuprotade grö-
dor som rödkvistar, vinkelstarrar

Tabell 1

Modellgårdens växtföjd och skörderesurser (kg torrväxtsubstans/ha), Växtföjdsdel	Skörderesurser (kg ts/ha)
Korn* med vallgödsel**	5.000
Fåvaxelvall	9.000
Andelsvall	8.000
Tredjordsvall	7.000
Höstbry och vårsådd	2.000***
Höstvete med fånggräs	6.000
Årt	2.000
Havre med fånggräs	5.000

*Såman används som störför unga djuren.
**Tillnöt, ängsväppling och rödbete.
***Fåvaxel har en oljehalt på 40 procent. Av per hektar skördad förvaras produceras
600 kg lippssädolja och 1.400 kg laka.



En integrering av växtodling och djurhållning, på samma gård, eller mellan närbelägna gårdar medger en större
mängd av odlingsväxter, med bättre växthälsa som följd. FOTO: Aino Kujala

höstbry och höstvete gagnar mark-
strukturen och bygger in kol i avens-
lin rotväxt av biotop för ett större
förråd av växttillgängligt vatten.

Förökningen av ogräs förebyggs
genom en omväxling mellan fler-
åriga, ettåriga vårsådda och ettåriga
höstsådda grödor. Växtskadorna
som klumprotjuka och årtrottröta
heljas genom tillräckligt långa od-
lingsuppehåll. En väl genomtänkt
växtföjd kan öka skördenivån med
10-20 procent.

Tillförseln av organisk gödsel för-
bättrar markens bördighet: växt-
näringstjänsten ökar och markens
bindningskapacitet för vatten för-
bättras. Tillgången till organiskt
material och en tillräckligt hög
markvattenhalt ökar mikroorganis-
mernas aktivitet, vilket förbättrar
nedbrytningen av skörderester och
förbättrar markstrukturen.

Markens packningskänslighet
minskar, samtidigt som jordbe-
arbetning underlättas. Ökad börd-
ighet återkopplar positivt till

biomassabildning, alltså bindningen
av atmosfärsiskt kol genom fotosyn-
tes.

Djurhållning och stallgödsel
Mjölkproduktion kombineras med
uppfödningen av samtliga kalvar till
antingen rekryterings- eller slakt-
djur. Djuren går i ködrift och de ut-
födras i ladugården året om.

Vi förväntar oss en mjölkavkast-
ning på 9.000 kg energikorrigerad
mjölk per ko och år. Korna ska i snitt
producera i tre laktationer. För att
förebygga beträkningsarna förväntar
vi att alla foder (förutom närst) pro-
duceras på egen areal.

Vid en arealbaserad djurhållning
avgörs hundjurenns art, antal och pro-
duktionsnivå av den kvalitet och den
mängd fodermedel som kan produ-
ceras. Gårdens växtodling produc-
erar på årsbasis foder för 45 kor, 40
kalvar, kvigar och ungtjurar under
ett års ålder samt 40 kvigar och tjur-
ar i åldern över ett år och upp till
två år (beskrivningarna för de enskilda
djurgrupperna enligt Luke 2020, Fo-
dertabeller).

Tabell 2 exemplifierar foderstaten
för mjölkkorrens del.
Djurhållningen per årligen upp-
hov till 1.454 kubikmeter flytgödsel,

Tabell 2

Mjölkkorrens foderstat på årsbasis vid en produktion av 9.000 t energikorrige- rad mjölk*.	Mängd (kg) per djur på årsbasis
Fodermedel	2.461 (10)
Enslage	984
Korn	984
Havre	984
Årt	791
Oljeväxtskal	271

*Kalven får 332 l av denna mjölk/mängd.

innehållande 2.472 kg växttillgäng-
ligt P (100 kg P) kväve och 727 kg fosfor
(beräkningarna enligt bilagorna
1 och 2 i Statsrådets förordning
1250(2014). Kallmånadens år 4.217
kg (Markkaraktäriseringst 2000).

Grödornas växtnäringssinne-
håll enligt växtart och förväntad
skörd från fall till fall genom
syntetiskt kväveförsörjning (vall, årt,
svallgödsel och mineralgödsel).

Förstaårsvallen och årtens ärt-
er sina växtnäringssinne-
håll genom syntetiskt kväveförsörjning
och från markförädlare (vall, årt,
höstbry och havre sprids 20,75 ku-
bikmeter flytgödsel/ha. Andra-
och tredjeårsvallen tillförs 31,1 kubik-
meter flytgödsel/ha. Inslagsens be-
räknades utgående från flytgödselns
fosforinnehåll).

Spannmålsgrödornas, oljeväxt-
ernas samt andra- och tredjeårsvallen-
nas växtnäringssinne-
håll kompletteras med handelsgödselkväve.
Enligt Mjölksämningsstyrelsens
beräkningssätt förutsätter den valda
produktionsnivån ett tillskott av
samtanlagt 5.800 kg kväve. Om
dets kväve ska tillföras genom id-
vervalarnas syntetiska kväveförsör-
jning borde förtäring och andraårsvallen
luna (20 ha) producera en ts-skörd

6. Sidoflöden tillbaka till marken

C till åkern NP... retur

Nu sprids vass också på österbottniska potatisåkrar



Försök med att använda vass som jordförbättringsmaterial genomförs nu i Härkimari. Här sprids cirka 100 kubikmeter vass från Härkimarijärden på 0,8 hektar. Bakom försöket står projektet Uhma och flera flugor slås i en smäll: natur- och landskapsvård, jordbruket och forskning samarbetar. Samuel Ingvas

Det finns drygt 100.000 hektar vass längs de finländska stränderna. En växt som växer som ogräs och som nu testas som jordförbättringsmaterial i potatisåkrar. För två år sedan sprids vass på en åker i Åbo och nu görs också försök i Härkimari.

– Det ska bli intressant att se om det fungerar. Troligen har vassen en positiv effekt på jorden i synnerhet under torrperioder och det binder mer fukt, men det är för tidigt att säga, säger Ulf Haglund, potatisodlare i Härkimari, som kommer att ploga ner vassen i vår.

Haglund är en av två potatisodlare i den lilla byn som ställde sig positiva till att ta emot vass som klipps vid Härkimarijärden och lastas till strö.

Bakom initiativet står Uhma



På halva åkern har det spridits vass, medan den andra halvan lämnats utan. Nu ska det undersökas om vass kan vara ett jordförbättrande material i Härkimari. Sedan tidigare pågår ett liknande projekt i Åboland.

(Hotell landsbyggenatur vördes genom samarbete) – ett tvärvärdigt projekt som drivs av ProAgria Landbruksöskskapet i Södra och Mellersta Österbotten.

Med i projektet är också Forststyrelsen och Luke.

– Målet med projektet är att främja natur- och landskapsvårdens, speciellt i värdefulla områden. Härkimarijärden är ett viktigt område som är landskaps- och naturskyddsmässigt intressant, förklarar Jaana Högblom, som är miljö- och landskapskunnig vid ProAgria Mellersta Österbotten.

Nu ska flera flugor i en och samma smäll.

Utvecklingen av vass i järden är omfattande och med pengar från projektet kunde strandlinjerna iståndödas. Samtidigt används vassen inom jordbruket.

– Tanken är att sätta näringsämnen i cirkulation och nu kan vi kombinera natur- och landskapsvård

7. Plöjning minskar INTE mullbalansen (vs. reducerad bearbetning)



- Högre biomassa-produktion
- Högre humifieringsgrad (nedmyllning)

Meurer m.fl. 2018

Honkanen m.fl. 2021

IV Effekten av mullbevarande åtgärder på växtföljdsnivå

Integrerad mjölkproduktion = 10 %
Regenerativ växtodling = 8 %
Konventionell växtodling = 5 %



1. Integrerad mjölkproduktion

8*10 ha åker

⇒ Foder för 43 mjölkcor (9000 kg ECM) + rekrytering + slaktdjur

- Vall
- Fodersäd (spannmål, trindsäd)
- Oljeväxtkaka

⇒ 60 ton brödsäd, 6 ton rapsolja

Exempel: C-allokering, räknat utifrån biomassaskörden (C = 45 % av grödans ts)

Korn, 5000 kg ts kärnskörd/ha	%	Kg C
Kärna	45	2250
Halm	25	1250
Stubb/ skörderester	15	750
Rötter	9	450
Rotdeposition	6	300

Övriga antaganden

- Vallinsåddens hösttillväxt = fånggröda
- Vallår = rotdeposition, vallbrott = rötter & stubb
- Nötflyt = 8,1 % ts; C = 40 % av ts
- Förluster av C från flytgödselhantering = 25 %
- Humifiering ovanjordiska växtrester 12,5 %, rötter och rotdeposition 31 %, stallgödsel 30 %

Vad dominerar tillförseln av C? Och mullbildningen?

Tabell 1. Tillförsel av kol genom fotosyntes och stallgödsel under en åttaårig växtföljd med flerårig vall och fånggrödor (integrerad mjölkproduktion).

	Skördad produkt (kg kol/ha)	Växtrester ovan jord (kg kol/ha)	Rötter (kg kol/ha)	Rotdeposition (kg kol/ha)	Stallgödsel (kg kol/ha)
Korn	2 250	750	449	299	473
+ kornhalm		1 250			
+ vallinsådd*		450		418	
Vall I	3 600**			3 346	
+ höståterväxt		900		837	
Vall II	3 600**			3 346	732
+ höståterväxt		900		837	
Vall III	3 600**		5 146	3 346	732
+ nedbrukad stubb		360			
Höstrybs/vårraps	900	3 669	1 454	900	473
Höstvete	2 700	3 832	1 089	1 089	473
+ fånggröda***		450	643	418	
Ärt	1 350	3 130	1 043	675	
Havre	2 250	1 969	1 688	1 125	473
+ fånggröda***		450	643	418	
Summa	20 250	18 110	12 155	17 054	3 308
Humifierat kol		2 264	3 768	5 287	1 073

(Algoritmerna enligt Bolinder m.fl. 1997 och 2007 samt Gan m.fl. 2009)

*Rödklövergräsvall

**Genomsnitt under tre vallår

***Engelskt rajgräs och vitklöver

Bortodling av mull

Tabell 2. Minskningen av markens kolhalt som följd av mineralisering under en åttaårig växtföljd (mullhalt 10 procent, motsvarande 175 000 kg kol/ha).

	Årlig mineralisering (procent)	Årlig förlust av kol (kg/ha)
Korn + insådd	0,5	875
Vall I	0,5	875
Vall II	0,5	875
Vall III	1	1 750
Höstrybs/vårraps	1	1 750
Höstvete + fånggröda	1	1 750
Ärt	1	1 750
Havre + fånggröda	1	1 750
Summa		11 375

Balans för integrerad mjölkproduktion

Tillförsel (kg C)

12391

Bortodling (kg kol)

11375

Vid en mullhalt på 10 % är balansen positiv

Mullhalt i klass mmr bryts ned => källa för koldioxidutsläpp

Mullhalt i klass mh byggs upp => fälla för koldioxidbindning

2. Ren växtodling

8*10 ha åker
Relativt höga
skördenivåer



2.1. Traditionell växtodling

Vad dominerar tillförseln av C? Och mullbildningen?

Tabell 1. Tillförsel av kol under en åttaårig växtföljd utan särskilda mullbevarande åtgärder (traditionell växtodling).

Gröda	Skördad produkt kg frön/ha*	Skördad produkt (kg kol/ha)	Växtrester ovan jord (kg kol/ha)	Rötter (kg kol/ha)	Rotavsöndring (kg kol/ha)
Höstvete	6 000	2 700	3 832	1 089	1 089
Ärt	3 000	1 350	3 130	1 043	675
Vårvete	5 000	2 250	3 375	844	562,5
Havre	5 000	2 250	1 969	1 688	1 125
Korn	5 000	2 250	2 000	449	299
Höstrybs	2 000	900	3 669	1 454	900
Höstråg	5 000	2 250	4 413	1 212	779
Malkorn	5 000	2 250	2 000	449	299
Summa		16 200	24 388	8 228	5 728,5
Humifierat kol			3 048,5	2 551	1 776

(Algoritmerna enligt Bolinder m.fl. 1997 och 2007, Gan m.fl. 2009)

* Kilogram torrs substans

Balans för traditionell växtodling, mullhalt 5 %

Tillförsel (kg C)

7375

Bortodling (kg kol)

7000

Vid en mullhalt på 5 % är balansen lätt positiv
Detta förutsätter relativt höga skördenivåer, gröngödsling
och flitig odling av fånggrödor (växthälsa?)

2.2. Regenerativ växtodling

Vad innebär regenerativ odling?

Vad dominerar tillförseln av C? Och mullbildningen?

Tabell 2. Tillförsel av kol under en åttaårig växtföljd med grüngödslingsvall och fånggrödor (regenerativ växtodling).

Gröda	Produkt kg/ha*	Skördad produkt (kg kol/ha)	Växtrester ovan jord (kg kol/ha)	Rötter (kg kol/ha)	Rotavsöndring (kg kol/ha)
Korn	5 000	2 250	2 000	449	299
+ vallinsädd**	1 000		450		418
Grüngödslingsvall	8 000		3 600	5 146	3 346
Höstrybs	2 000	900	3 669	1 454	900
Höstråg	5 000	2 250	4 413	1 212	779
+ fånggröda***	1 000		450	643	418
Havre	5 000	2 250	1 969	1 688	1 125
+ fånggröda***	1 000		450	643	418
Höstvete	6 000	2 700	3 832	1 089	1 089
+ fånggröda***	1 000		450	643	418
Ärt	3 000	1 350	3 130	1 043	675
Vårvete	5 000	2 250	3 375	844	562,5
+ fånggröda***	1 000		450	643	418
Summa		13 950	28 238	15 497	10 865,5
Humifierat kol			3 530	4 804	3 368

(Algoritmerna enligt Bolinder m.fl. 1997 och 2007, Gan m.fl. 2009)

* Kilogram torrs substans

** Rödklövergräsvall

*** Engelskt rajgräs och vitklöver

Balans för regenerativ växtodling, mullhalt 8 %

Tillförsel (kg C)

11702

Bortodling (kg kol)

10500

Vid en mullhalt på 8 % är balansen positiv
Detta förutsätter relativt höga skördenivåer

VI I vilken utsträckning kan vi öka mullhalten (och binda C)?

”Sedan fem år har jordens mullhalt ökat från 5 till 40 procent”



Saara Kankaarinta och Ilkka Herlin visar hur jorden på Qvidja gård mår. Masken är ett bevis på att jorden mår bra.

Priset delades nyligen ut på Qvidja gård i Pargas av föreningen Maataloustoimittajat som är lantbruksjournalisternas intresseorganisation.

Miljövänlig livsmedelsproduktion
Joona och Mattila är involverade i gårdens försöksverksamhet som är

vida känd. Qvidja gård satsar på miljövänslig livsmedelsproduktion som binder kol och näringsämnen och där målet är ett renare Östersjön.

Båda deltar i försöksverksamheten i samarbete med gårdens ägare Saara Kankaarinta och Ilkka Herlin.

Försöken med regenerativ odling utgör en liten del av den 140 hektar stora åkerarealen som omfattar vallodling där fodret går till gårdens djur. På gården finns höglandsboskap, hästar och får.

I försöksodlingarna fokuserar man på mångsidig växtföljd med växter som binder kol och där regenerativa odlingsmetoder används för att förbättra jordens struktur och öka mullhalten.

Med hjälp av jordförbättringsfibrer strävar man efter att öka näringsmängden och mängden organiskt material i jorden.

Ilkka Herlin är nöjd med resultat som man hittills uppnått.

– Jordförbättringsfibrerna har haft effekt. Sedan fem år tillbaka då försöken startade har jordens mullhalt ökat från 5 till 40 procent. Ju bättre jordstruktur desto bättre binder den näringsämnen. Det gör att mindre mängder näring rinner ut i vattendragen. Dessutom binder växterna mera kol. Det är positivt för både miljön och klimatet, säger Herlin.

På åtta år i matjorden från 2,8 till 3,8 %, i alven från 0,5 till närmare 2 %

Med bevuxen mark och höga skördar ska mullhalten på Slätte gård fördubblas på tio år. Det är det ambitiösa målet och drygt halvvägs i projektet ser det lovande ut. – Vi är på god väg. I snitt har vi en mullhaltsökning i fältet mellan 0,1 och 0,3 procentenheter per år, säger projektledaren Olle Ryegård.

TEXT & FOTO **MARCUS FRENNE MARK**

Mullhalten på god väg att fördubblas

Den vedertagna uppfattningen är att jordens mullhalt endast kan ökas på lång sikt. På Slätte gård vill man undersöka om det går att bygga mull på relativt kort tid genom en rad målinriktade åtgärder. Målet är att på tio år skapa en jord där mullhalten är dubbelt så hög som den var startåret 2016.

Utgångspunkten är en mellanlera som 2016 innehöll 2,8 procent mull, alltså det som enligt gängse terminologi kallas en något mullhaltig mellanlera.

Men mullhalten varierar beroende på var i jorden proven har tagits ut.

– Generellt på fältet har mullhalten ökat med 1 procentenhet under de här åren. På vissa delar i matjorden har den ökat med 1-1,5 procentenheter men en bit ner i alven på 30-50 centimeters djup har den ökat mer, från 0,5 procent till närmare 2 procent. Det är inte helt lätt att mäta mullhalten men när vi mäter en bit ner har vi kommit mycket längre än vi trodde, säger Olle Ryegård.



I havrefältet prövas olika typer av biostimulanter för att se hur de påverkar mullhalten.

PÅ FÄLTET UTAN betesdjur odlas havre med vallinsädd varje år. När havren skördats fungerar vallen med inslag av baljväxter som mellangröda över

av den åttaåriga växtföljden. Intensivt bete i små fällor tillämpas och ungnöten flyttas i princip dagligen till ny fälla med präriens buffelhjordar som förebild.

– Redan efter någon dag börjar djuren trampa sönder växterna. Efter tre dagar kommer återväxten i gång och det nya gräset är mycket sötare än det gamla. Då väljer djuren det och därmed begränsas återväxten. Därför flyttas djuren ofta, säger Olle Ryegård.

I fältet med betesdrift visar den grävda gropen under Slätte Ekodag hur rötterna söker sig längre neråt i jorden och har penetrerat plogsulan mellanleran.

– Mullhaltsuppbyggnaden har skett neråt och under 20-centimetersnivån, det hade vi inte räknat med skulle ske så snabbt, säger han.

OLIKA TYPER AV biostimulanter testas i både havrefältet och fältet med betesdrift. Olle Ryegård är medveten om att biostimulanter ännu inte är prövade fullt

Trovärdigt? Miljövänligt?

- Tidsrymd?
- Kapacitet?
- Procent eller procentenheter?
- Metoder?
- Bieffekter?



Anrikning
av P?

Flerårig vall ökar SOC med 0,3–0,5 %/år* **

*INTE %-enheter
** C-in- vs. C-output?

3470

L. Heimsch et al.: CO₂ fluxes and C balance of an agricultural grassland in southern Finland

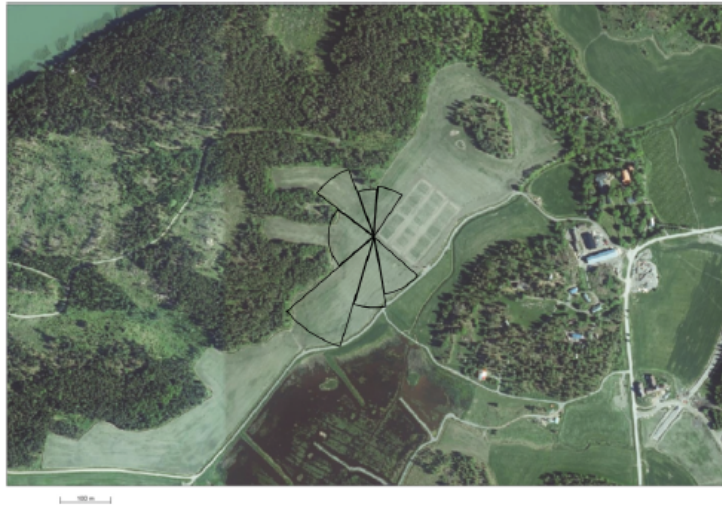


Figure 1. Experimental field with the sectors representing the target area that covers 3.9 ha. Eddy covariance tower is located in the centre of the sectors. EC data from wind directions from 30 to 140° were discarded due to another experimental plot located in that part of the field. (Orthophoto from National Land Survey of Finland.)

Table 1. Different management events and their C inputs (fertilization) and C outputs (harvest). During the cutting in August 2018, the grass was not collected and thus did not result in any C flux allocated to management.

Date	Management	Output (dry weight kg ha ⁻¹)	Input (kg ha ⁻¹)	Carbon (g m ⁻²)
12 Jun 2018	Harvest	1985		83
16 Jul 2018	Fertilization		-2800	-57
21 Aug 2018	Cutting	-	-	-
24 Aug 2018	Fertilization		-1755	-36
23 Sep 2018	Harvest	348		15
8 May 2019	Fertilization		-4606	-43
11 Jun 2019	Harvest	3107		130
20 Jun 2019	Fertilization (mineral)		-	-
20 Aug 2019	Harvest	1029		43

The agricultural grassland site located at Qvidja in southern Finland acted as a net carbon sink during the 2 years studied. The carbon balance of the first study year was $-57 \pm 10 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, and in the second year it was $-86 \pm 12 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$. When CO₂ fluxes and carbon fluxes caused by management activities were solely accounted for, the soil carbon storage was assumed to have increased by 0.3 % and 0.5 % in 2018 and 2019, respectively, indicating that northern agricultural grasslands have a potential to contribute to climate change mitigation. The data and results presented here act as a basis for the future studies that focus on the conversion of this farm from intensive agricultural practices towards more sustainable agricultural management, especially on the impacts of such a conversion on the GHG fluxes occurring on mineral soils in northern conditions. Even though we could quantify the sink capacity of the field, further research with longer-term measurements is needed to evaluate the persistence of carbon sequestration and storage, and wider measurements of carbon balance components were to be included. Longer time series and broader GHG flux measurements are also essential to more closely study the causes of the interannual variation in GHG fluxes and carbon and water balances at this site, for which the present study provides a baseline.

Heimsch m.fl. 2021

**150 år av försök lär oss
vad vi kan göra för mullhalterna**

**... men också
att mullhalter är konservativa**

Det tar tiiiiid

Mullhaltsförändring +/-
0,1 %-enhet på 10 år



men:

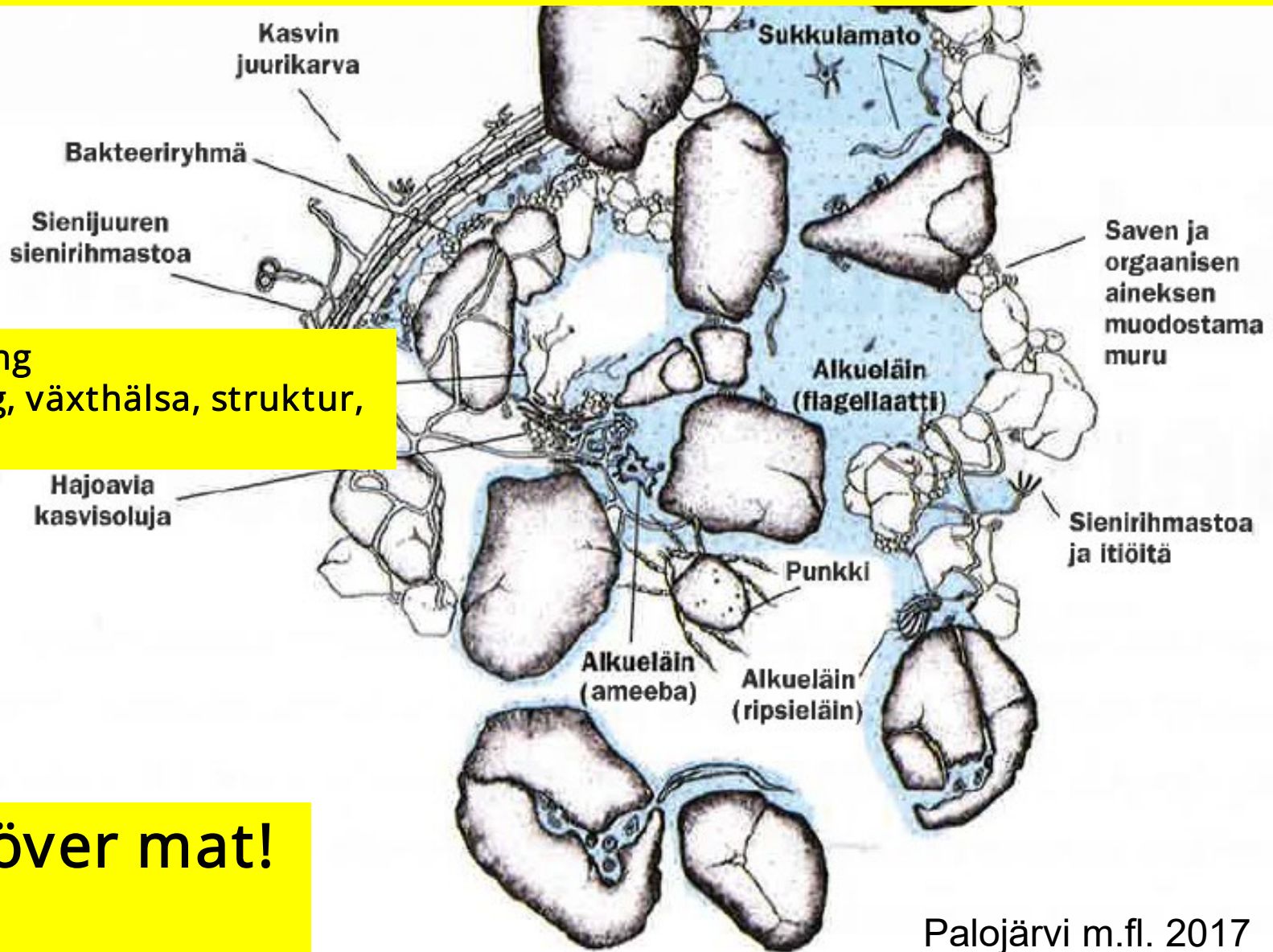
Christensen & Johnston 1997
Joergensen m.fl. 2021

“Management makes a difference within 5-6 years”

CEREAL = Small grain cereals without animal manure; CEREAL + MANURE = same crop sequence plus manure; CEREAL + GRASS = diversified crop sequence incl grass/clover without manure.

Soil (macro)porosity was significantly higher for the C+G system compared to the other two systems, and the C+M and C+G systems better resisted compaction than C.

Mullhalt fem procent => sex ton markorganismer/ha åkerjord



=> nedbrytning
=> växtnäring, växthälsa, struktur,
=> ... mull

De behöver mat!
Jämnt!

YRKESHÖGSKOLAN
NOVIA

Agrolog



Skuffis har utbildat i kolbindning sedan 1916

Detta arbete tillägnas min växtodlingslärare agronom Torolf Grønn



Bakgrundslitteratur

- Riesinger P 2020. Mull ökar markens produktionspotential. Landsbygdens Folk 24.1.2020, 28-29.
- Riesinger P 2020. Bortodling av åkerns mull. Landsbygdens Folk 14.2.2020, 14-15.
- Riesinger P 2020. Mullhaltsbevarande odlingsplanering. Landsbygdens Folk 28.2.2020, 12-13.
- Riesinger P 2020. Mullhaltsbevarande odlingsteknik. Landsbygdens Folk 13.3.2020, 10-11.
- Riesinger P 2020. Att anrika marken med mull tar tid – men nyttan märks snabbt. Landsbygdens Folk 27.3.2020, 18-19.
- Riesinger P 2020. Högre mullhalt genom rotbildning i alven. Lantbrukskalendern 2021, 161-164. Svenska lantbrukssällskapens förbund. Helsingfors.
- Forsman R & Riesinger P 2021. Integrera växtodling och djurhållning. Landsbygdens Folk 15.1.2021, 14-15.
- Riesinger P 2021. Mullrik odlingsjord kan bevaras genom integrerad mjölkproduktion. Landsbygdens Folk 22.1.2021, 28-29.
- Riesinger P 2021. Minskar åkrarnas mullhalt vid ren växtodling? Landsbygdens Folk 29.1.2021, 14-15.

Referenser

- Bolinder MA, Kätterer T, Andrén O, Ericson L, Parent L-E & Kirchmann H 2010. Long-term soil organic carbon and nitrogen dynamics in forage-based crop rotations in Northern Sweden (63–64°N). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138, 335–342.
- Bolinder MA, Crotty F, Elsen A, Frac M, Kismányoky T, Lipiec J, Tits M, Tóth Z & Kätterer T 2020. The effect of crop residues, cover crops, manures and nitrogen fertilization on soil organic carbon changes in agroecosystems: a synthesis of reviews. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 25, 929-952.
- Christensen BT & Johnston AE 1997. Soil organic matter and soil quality - Lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. *Developments in Soil Science* 25, 399-430.
- Edgerly Oberg R 2017. Was the Dust Bowl a Sign of God's Judgment on America? A Pentecostal Leader Responds to this Question. *PE-News*, 24.8.2017. <https://ifphc.wordpress.com> (7.10.2022).
- Edberg J-O 2021. Ekoodlare får pris för att de lyfter fram regenerativ odling. *LF* 4.6., 16.
- Eikelboom J 2013. An essay on the ecological and socio-economic effects on the current and future global human population size. MSc Thesis. Utrecht University. 38 s.



- Forsman R & Riesinger P 2021. Integrera växtodling och djurhållning. Landsbygdens Folk 15.1.2021, 14-15.
- Frennemark M 2022. Mullhalten på god väg att fördubblas. Lantmannen 9, 12.
- Föreningen Matinformation rf 2022. Faktagaffeln 2022. Lahtis. 63 s.
- Gan YT, Campbell CA, Janzen HH, Lemke RL, Basnyat P & McDonald CL 2009. Carbon input to soil from oilseed and pulse crops on the Canadian prairies. Agriculture Ecosystems and Environment 132, 290-297.
- Heikkinen J, Ketoja E, Nuutinen V & Regina K 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. Global Change Biology 19, 1456–1469.
- Heikkinen J, Keskinen R, Regina K, Honkanen H & Nuutinen V 2020. Estimation of carbon stocks in boreal cropland soils - methodological considerations. European Journal of Soil Science 72, 934-945.
- Heikkinen J, Keskinen R, Kostensalo J & Nuutinen V 2022. Climate change induces carbon loss of arable mineral soils in boreal conditions. Global Change Biology 28, 3960-3973.
- Heimsch L, Lohila A, Tuovinen J-P, Vekuri H, Heinonsalo J, Nevalainen O, Korkiakoski M, Liski J, Laurila T & Kulmala L 2021. Carbon dioxide fluxes and carbon balance. Biogeosciences 18, 3467–3483.



- Henryson K, Sundberg C, Kätterer T & Hansson P-A 2018. Accounting for long-term soil fertility effects when assessing the climate impact of crop cultivation. *Agricultural Systems* 164, 185-192.
- Honkanen H, Turtola E, Lemola R, Heikkinen J, Nuutinen V, Uusitalo R, Kaseva J & Regina K 2021. Response of boreal clay soil properties and erosion to ten years of no-till management. *Soil & Tillage Research* 212, 105043.
- Hyytiäinen T & Hiltunen S 1999. Växtproduktion 1. Utbildningsstyrelsen. Östra Nylands Tryckeri Ab, Lovisa. 168 s.
- Jörgensen U, Lärke O & Chen Ji 2021. Effekter af grødetyper på jordens kulstofindhold efter 5 år. Foredrag 14.1.2012. Planter i fokus.
- Kanerva 2017. Maan käyttökelpoisten ravinnevarojen arviointi vaatii testattua tietoa. *KM* 4, 26-30.
- King FH 1911. *Farmers of Forty Centuries, or Permanent Agriculture in China, Korea and Japan*. Madison, Wisconsin. 441 s.
- Kirchmann H & Gerzabek MH 1999. Relationship between soil organic matter and micropores in a long-term experiment at Ultuna, Sweden. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 162, 493-498.



- Kätterer T, Andrén O & Jansson PE 2006. Pedotransfer functions for estimating plant available water and bulk density in Swedish agricultural soils. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 56, 263-276.
- Kätterer T, Bolinder MA, Andrén O, Kirchmann H, Menichetti L 2011. Roots contribute more to refractory soil organic matter than aboveground crop residues, as revealed by a long-term field experiment. *Agriculture Ecosystems and Environment* 141, 184–192.
- Kätterer T, Kirchmann H & Börjesson G 2012. Hög bördighet ger hög skörd som ger ... *Arvensis* 1, 14-15.
- Kätterer T, Bolinder MA, Thorvaldsson G och Kirchmann H 2013. Influence of ley-arable systems on soil carbon stocks in Northern Europe and Eastern Canada. *Grassland Science in Europe* 18, 47–56.
- Meurer KHE, Haddaway NR, Bolinder MA och Kätterer T 2018. Tillage intensity affects total SOC stocks in boreo-temperate regions only in the topsoil – A systematic review using an ESM approach. *Earth-Science Reviews* 177, 613–622.
- Palojarvi A, Mylly M, Hartikainen H, Soinne H, Kanerva S & Alakukku L 2017. Elämää peltomaassa. *KM* 1, 30-33.
- Pausch J & Kuzyakov Y 2018. Carbon input by roots into the soil: Quantification of rhizodeposition from root to ecosystem scale. *Global Change Biology* 24, 1–12.



- Riesinger P 2020. Mull ökar markens produktionspotential. Landsbygdens Folk 24.1.2020, 28-29.
- Riesinger P & Forsman R 2020. Bevara djurhållningen – i hela Finland. Hufvudstadsbladet 2.10.2020.
- Riesinger P 2020. Högre mullhalt genom rotbildning i alven. Lantbrukskalendern 2021, 161-164. Svenska lantbrukssällskapens förbund. Helsingfors.
- Riesinger P 2021a. Mullrik odlingsjord kan bevaras genom integrerad mjölkproduktion. Landsbygdens Folk 22.1.2021, 28-29.
- Riesinger P 2021b. Minskar åkrarnas mullhalt vid ren växtodling? Landsbygdens Folk 29.1.2021, 14-15.
- Schjønning P, Munkholm LJ, Elmholt S & Olesen JE 2007. Organic matter and soil tilth in arable farming: Management makes a difference within 5–6 years. Agriculture, Ecosystems and Environment 122, 157–172.
- Soenne H, Hyväluoma J, Ketoja E & Turtola E 2016. Relative importance of organic carbon, land use and moisture conditions for the aggregate stability of post-glacial clay soils. Soil and Tillage Research 158, 1–9.



- Soinne H, Keskinen R, Rätty M, Kanerva S, Turtola E, Kaseva J, Nuutinen V, Simojoki A & Salo T 2021. Soil organic carbon and clay content as deciding factors for net nitrogen mineralization and cereal yields in boreal mineral soils. *European Journal of Soil Science* 72, 1497-1512.
- Taghizadeh-Toosi A, Olesen JE, Kristensen K, Elsgaard L, Ostergaard HS, Lægdsmand M, Greve MH & Christensen BT 2014. Changes in carbon stocks of Danish agricultural mineral soils between 1986 and 2009. *European Journal of Soil Science* 65, 730-740.
- Thaer A 1809. Grundsätze der rationellen Landwirtschaft. Realschulbuchhandlung. 431 s.
- Thorup-Kristensen K, Salmerón Cortasa M & Loges R 2009. Winter wheat roots grow twice as deep as spring wheat roots, is this important for N uptake and N leaching losses? *Plant and Soil* 322, 101–114.
- Viketoft M, Riggi LGA, Bommarco R, Hallin S, Taylor AR 2021. Type of organic fertilizer rather than organic amendment per se increases abundance of soil biota. *PeerJ*. 11204, 22 s.
- VandenBygaart AJ, Bremer E, McConkey BG, Janzen HH, Angers DA, Carter MR, Drury CF, Lafond GP & McKenzie RH 2010. Soil organic carbon stocks on long-term agroecosystem experiments in Canada. *Canadian Journal of Soil Science* 90, 543-550.

Kolbalans, en mätare för markens bördighet och naturbrukets klimatpåverkan

Paul Riesinger

Utgivare: Yrkeshögskolan Novia, Wolffskavägen 33, 65200 Vasa,
Finland

© Yrkeshögskolan Novia, Paul Riesinger

Publikation och produktion, serie L: Läromedel 2/2022

ISBN 978-952-7048-93-1(Online)

ISSN: ISSN 1799-4195

CC BY 4.0